

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗАНИЕМ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Введение. Обработка резанием ремонтных заготовок является основным средством восстановления точности геометрических параметров деталей (взаимного расположения и формы, номинальных и ремонтных размеров, шероховатости и волнистости поверхностей). Она применяется также для подготовки поверхностей под нанесение покрытий и упрочнения восстанавливаемых поверхностей. Обработка резанием ремонтных заготовок отличается от соответствующей обработки отливок или поковок, что объясняется такими причинами:

- преднамеренным разрушением некоторых технологических баз в конце процесса изготовления деталей;
- изнашиванием или повреждением некоторых баз во время работы агрегата;
- деформированием деталей в эксплуатации;
- небольшими значениями припусков, материал которых, как правило, отличается составом и структурой от материала основы;
- требованием обеспечения необходимой точности взаимного расположения поверхностей, обрабатываемых при восстановлении детали, и поверхностей, обработанных ранее при ее изготовлении.

Эти особенности требуют иного подхода к обработке ремонтных заготовок при восстановлении деталей по сравнению с обработкой отливок и поковок при изготовлении деталей. Большое значение имеет обоснованный порядок выбора и смены технологических баз, от которого зависят правильность расположения контура детали в заготовке, точность взаимного расположения поверхностей в обработанной детали, сложность приспособлений и производительность обработки. Копирование этого порядка из технологии машиностроения для целей восстановления деталей не всегда приводит к оптимальным результатам.

Цель работы – определение процедуры выбора и смены технологических баз при обработке резанием ремонтных заготовок в процессах восстановления деталей.

Обоснование метода выбора технологических баз. Как правило, обработать заготовку от одних и тех же технологических баз невозможно. Выбор и смена технологических баз в настоящей работе выполнены с использованием предложенного Соколовским А.П. «кратчайшего пути» [1] из звеньев, входящих в размерные цепи обрабатываемой заготовки. В общем случае во всех установках технологические базы должны совпадать с измерительными, а обработанные поверхности в данном установе должны быть использованы в качестве измерительных баз для последующего установа.

Выбор технологических баз приведен на примере сложной корпусной детали (сборочной единицы) – блока цилиндров с картером сцепления двигателя. Эта сборочная единица при изготовлении обрабатывается совместно и при эксплуатации не разукрупняется. Определим основные поверхности детали: D_1 и D_1' – отверстия в крайних и средних коренных опорах, соответственно; D_2 – отверстие в картере сцепления; D_3 – отверстия под гильзы; D_4 и D_4' – отверстия в крайних и средних втулках распределительного вала соответственно; D_5 – отверстия под толкатели; D_6 – отверстие под привод распределителя; D_7 – отверстие под стартер; T_1 и T_2 – передний и задний торцы первой коренной опоры соответственно; T_3 – торец картера сцепления; T_4 – торец под гильзу; T_5 – поверхность под головку цилиндров. Номинальные отношения между этими поверхностями следующие: отверстия D_1 , D_1' и D_2 , D_4 и D_4' соосны; оси отверстий D_1 и D_3 , D_4 и D_5 перпендикулярны и пересекаются; оси отверстий D_4 и D_6 перпендикулярны; оси от-

верстий D_1 и D_7 , D_1 и D_4 параллельны друг другу и расположены одна от другой на установленном расстоянии; торец T_3 перпендикулярен оси D_1 ; поверхности T_1 и T_2 , T_1 и T_3 , T_4 и T_5 параллельны друг другу и расположены относительно друг друга на расчетном расстоянии; торец T_4 имеет минимальное биение относительно поверхности отверстия D_3 , а торцы T_1 , T_2 и T_3 – относительно отверстий D_1 ; оси отверстий под гильзы D_3 расположены на расчетном расстоянии от торца T_1 . Указанные поверхности блока цилиндров, участвующие в базировании и обработке, и их отношения представлены в виде матрицы (таблица).

Множество отношений поверхностей может быть упорядочено путем разбиения их на слои выделением поверхностей, не имеющих предков [2].

Обозначим через $V_{D_1}, V_{D_1'}, \dots, V_{T_5}$ векторы, являющиеся строками матрицы. Вычислим

$$V_0 = V_{D_1} + V_{D_1'} + \dots + V_{T_5}$$

и припишем этот результат внизу таблицы. Этот вектор содержит два нуля, соответствующих поверхностям D_3 и T_5 . Это значит, что эти поверхности не имеют предков, они образуют «нулевой» слой.

Теперь определим вектор

$$V_1 = V_0 - V_{D_3} - V_{T_5},$$

где появятся два новых нуля, соответствующих поверхностям D_1 и T_4 , которые образуют слой 1.

Затем вычисляем

$$V_2 = V_1 - V_{D_1} - V_{T_4},$$

где появятся пять новых нулей, соответствующих поверхностям D_1' , D_2 , D_4 , D_7 и T_1 , которые образуют слой 2.

Наконец вычисляем вектор

$$V_3 = V_2 - V_{D_1'} - V_{D_2} - V_{D_4} - V_{D_7} - V_{T_1},$$

где также появятся пять новых нулей, соответствующих поверхностям D_4' , D_5 , D_6 , T_2 и T_3 , которые образуют слой 3.

Результат упорядочения множества поверхностей в виде графа приведен на рисунке 1. Две вершины упорядоченного графа: D_3 – поверхности отверстий под гильзы цилиндров и T_5 – плоскость под головку цилиндров находятся в верхнем «нулевом» слое графа. Эти поверхности при восстановлении не обрабатываются. В первом и втором слоях графа находятся три узловые вершины: D_1 – поверхности коренных опор, T_1 – передний торец первой коренной опоры, D_4 – поверхности отверстий во втулках распределительного вала. Относительно этих трех узловых вершин ориентированы группы поверхностей, находящихся в предпоследнем и последнем слоях графа. В качестве технологических баз последовательно принимают вершины-поверхности T_5 и D_3 , D_1 , D_4 и T_1 , находящиеся по отношению друг к другу и к остальным вершинам в верхних слоях графа.

Обработку резанием следует начинать, используя в качестве технологических баз поверхности T_5 и D_3 , расположенные в верхнем слое упорядоченного графа. При обработке других элементов в качестве баз следует использовать поверхности D_1 и T_1 , находящиеся в предыдущих слоях графа. Это обеспечит наименьшее количество операций обработки резанием с минимальными погрешностями базирования, а при восстановлении поверхностей потребует припусков наименьшей толщины.

Кастрюк Александр Петрович, к.т.н., доцент, первый проректор Полоцкого государственного университета.
Беларусь, 211440, Витебской обл., г. Новополоцк, ул. Блохина, 29.

Таблица. Матрица поверхностей блока цилиндров, участвующих в базировании и обработке

	D_1	D_1'	D_2	D_3	D_4	D_4'	D_5	D_6	D_7	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
D_1		1	1		1				1	1	1	1		
D_1'														
D_2														
D_3	1									1			1	
D_4						1	1	1						
D_4'														
D_5														
D_6														
D_7														
T_1							1	1			1	1		
T_2														
T_3														
T_4														
T_5	1												1	
V_0	2	1	1	0	1	1	2	2	1	2	2	2	2	0
V_1	0	1	1	–	1	1	2	2	1	1	2	2	0	–
V_2	–	0	0	–	0	1	2	2	0	0	1	1	–	–
V_3	–	–	–	–	–	0	0	0	–	–	0	0	–	–

Выше приведена качественная картина выбора технологических баз при обработке резанием ремонтных заготовок. Развитие вопроса выбора технологических баз восстанавливаемых деталей требует использования количественных критериев и соответствующих методов оптимизации.

Критерий выбора множества технологических баз детали, относительно которых происходит вся обработка резанием, может быть выбран из таких величин: суммарная толщина операционных припусков, оперативное время обработки и др. Наиболее критичным критерием, на наш взгляд, является основное (машинное) время обработки заготовки t_m . Этот критерий является функцией физико-механических свойств материала, толщины припусков, длины обработки, параметров точности расположения, формы, размеров и шероховатости

$$t_m = f(HB; \sum_{j=1}^n T; \Delta_1; \Delta_2; \Delta_3; Ra), \quad (1)$$

где HB – твердость обрабатываемой поверхности; T – толщина припуска; n – число обрабатываемых поверхностей; Δ_1, Δ_2 и Δ_3 – параметры, точности расположения, формы и расположения поверхностей соответственно; Ra – шероховатость поверхности.

Способ выбора множества баз включает три стадии: определение множества поверхностей, которые могут быть использованы в качестве баз; составление в графовом виде всех возможных вариантов обработки; определение варианта, обращающего в минимум значение целевой функции.

Вершины графа определяют поверхности, принятые в качестве баз, а длины дуг – машинное время обработки последующей поверхности при использовании в качестве базы предыдущей поверхности. В качестве баз могут быть приняты и сами обрабатываемые поверхности, при этом две одноименные вершины будут связаны дугой нулевой длины.

Признают оптимальным то множество технологических баз и порядок их смены, которые обеспечивают необходимое качество обработки и минимальное значение критерия оптимизации (1).

Искомый комплект баз находится на кратчайшем пути графа, последний определяется решением рекуррентного уравнения

$$t_{j+1} = \min [t_{(j+1)-j} + t_j], \quad (2)$$

по всем
вершинам графа

где j – шаги решения; t_{j+1} – длина пути, соответствующая $j+1$ шагам, считая от вершин первого яруса; t_j – длина пути, соответствующая

шагу движения для j шагов, при условии, что этот путь выбран оптимальным образом; $t_{(j+1)-j}$ – путь, соответствующий $(j+1)$ -му шагу.

Реализация полученных результатов в производстве. Использование полученных результатов определило следующую последовательность обработки резанием и базирования ремонтных заготовок ряда деталей, среди которых: блок цилиндров в сборе с картером сцепления двухрядного двигателя, шатун и коленчатый вал.

Коренные опоры блока цилиндров, отверстия в картере сцепления и под стартер предварительно растачивают с базированием (ГОСТ 21495-76) по плоскости прилегания головки цилиндров (установочная база) и крайним отверстиям под гильзы цилиндров (направляющая и опорная базы). Затем предварительно обработанные отверстия вместе с предварительно обработанными втулками распределительного вала окончательно растачивают с прежним базированием.

Торцы первой коренной опоры подрезают с базированием по обработанным коренным опорам (двойная направляющая база) и поверхности отверстия под гильзу первого цилиндра (опорная база). Торцы картера сцепления подрезают с базированием по коренным опорам и обрабатываемой поверхности (опорная база). Последняя база обеспечивает снятие припуска наименьшей толщины.

Отверстия под толкатели развертывают под ремонтный размер с направлением инструмента по обрабатываемой поверхности. Торцы отверстия под гильзу цекуют ручным инструментом с базированием его по плоскости под головку цилиндров.

Значения параметров расположения осей цилиндров и оси коренных опор зависят от точности обработки гильз цилиндров, которые восстанавливаются отдельно. Однако отверстия под гильзы цилиндров в результате эксплуатационных нагрузок принимают в сечении форму овала. Большая его ось расположена в плоскости качения шатуна и превышает меньшую до 0,07 мм. Гильзы, установленные в такие отверстия, принимают их форму. Нормативную точность указанных параметров обеспечивают следующим образом. Гильзы цилиндров собирают с блоком цилиндров, имея припуск на окончательное растачивание и хонингование. Гильзы жестко фиксируют в отверстиях блока с помощью прижимов. Отверстия в гильзах растачивают с базированием блока цилиндров по обработанным коренным опорам (двойная направляющая база), переднему торцу первой коренной опоры и поверхности под головку цилиндров (опорные базы). Применяют позиционное растачивание с принудительным перемещением детали во время вспомогательного перехода на величину расстояния между осями цилиндров. Гильзы хонингуют также в сборе их с блоком цилиндров. Гильзы не только не разукомплектовывают с блоком цилиндров, но и не изменяют их положения, приданного им при первоначальной установке.

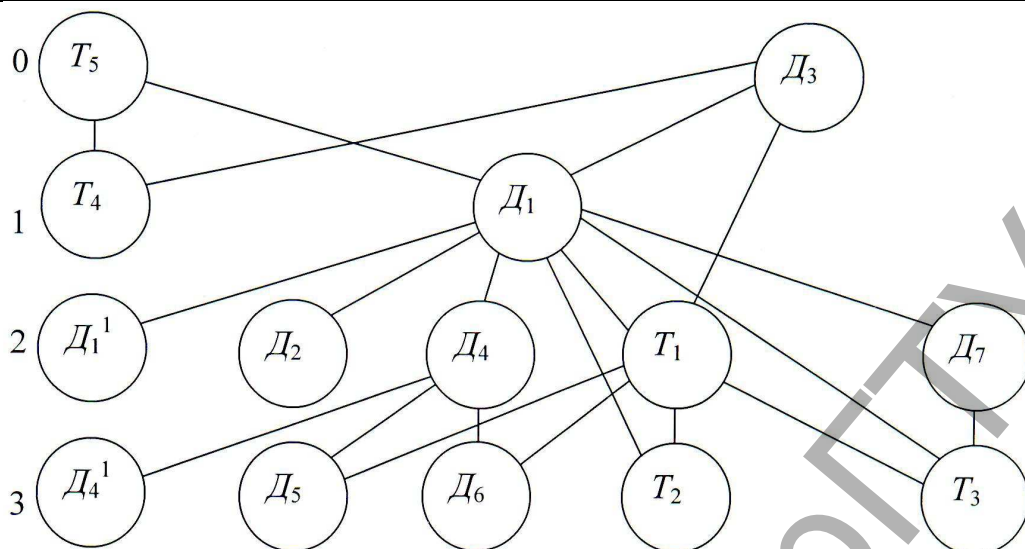


Рис. 1. Упорядоченный граф отношений между основными поверхностями блока цилиндров двигателя

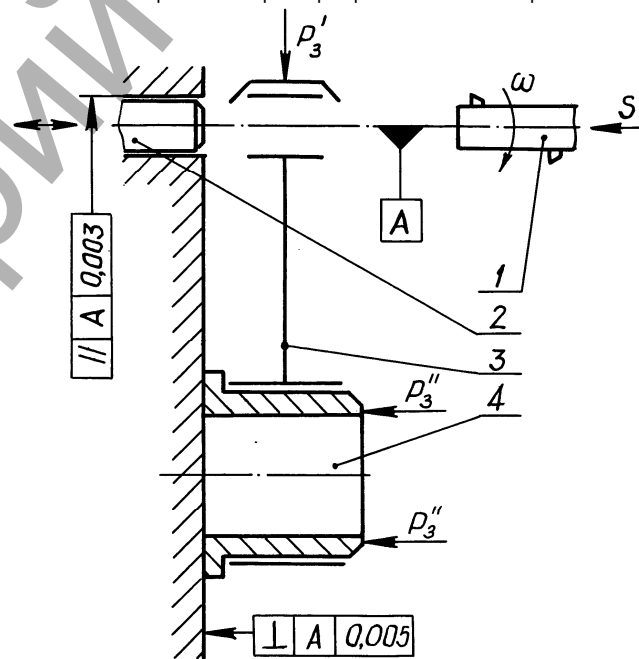
Предложенный процесс обработки блока цилиндров в сборе с картером сцепления допускает нанесение покрытий в два раза меньшей толщины, чем при традиционных процессах восстановления, с достижением точности взаимного расположения поверхностей, установленной заводом-изготовителем. Усовершенствование процесса обработки резанием испытано на операциях: позиционного растачивания зеркала цилиндров на оснащенной станке 2Е78П, хонингования цилиндров на станке 3М83; подрезки торцов передней коренной опоры на переоборудованном станке ОР-14572; подрезки торца картера сцепления на станке ОР-12068. Полное внедрение процесса требует переоснащения опорно-базирующими приспособлениями расточного оборудования 11А775 или ОР-14572 или РД-53 силами заводов-изготовителей этого оборудования.

Внедрена обработка резанием поверхностей отверстий шатуна в следующей последовательности. Отверстие в кривошипной головке с нанесенным покрытием хонингуют с ориентированием инструмента по обрабатываемой поверхности, что обеспечивает снятие наименьшего припуска. Заготовку 3 для растачивания отверстия под поршневой палец устанавливают на оправку 4 (рис. 2), рабочий торец которой перпендикулярен к опорной цилиндрической поверхности. Заготовку с оправкой ориентируют относительно шпинделя с помощью оправки 2 и в таком положении заготовки к ней прикладывают силы закрепления P_3' и P_3'' . Выводят оправку 2 из отверстия заготовки, и его растачивают за счет вращения шпинделя с резцами с угловой частотой вращения n и подачей S .

Обработка шатуна по приведенной схеме обеспечивает снятие равномерного припуска и параллельность осей отверстий в головках шатуна в пределах установленного допуска – 0,03 мм на 100 мм длины.

Технологическими базами при обработке коренных шеек коленчатого вала служат две конические поверхности центровых отверстий, связанные с пятью опорными точками [3]. У заготовки остается одна степень свободы – возможность поворота вокруг оси опорных конусов. При шлифовании шатунных шеек в качестве технологических баз используют поверхности крайних коренных шеек (двойная направляющая база), упорный торец первой коренной шейки (опорная база) и боковая поверхность шпоночного пазы под распределительную шестерню (опорная база). На шейку под распределительную шестерню устанавливают угловой делитель, который ориентируется призматической шпонкой. Такие схемы базирования должны применяться на всех предприятиях, которые обрабатывают коленчатые валы под ремонтные или номинальные размеры после нанесения покрытий или установки дополнительных ремонтных деталей.

Заключение. Внедрение результатов работы в производство позволит уменьшить в 2–4 раза объем работ по нанесению восстановительных покрытий (наплавкой или напылением) или использованию дополнительных ремонтных деталей с обеспечением нормативных значений геометрических параметров расположения поверхностей.



1 – шпиндель; 2 – центрирующая оправка; 3 – заготовка; 4 – установочная оправка

Рис. 2. Схема установки шатуна на горизонтально-расточной станок КК-1454 при обработке отверстия в поршневой головке

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Соколовский, А.П. Научные основы технологии машиностроения / А.П. Соколовский. – М.–Л.: Машгиз, 1955. – 515 с.
2. Кофман, А. Сетевые методы планирования / А. Кофман, Г. Дебазей. – М.: Прогресс, 1966. – 182 с.
3. Кастрюк, А.П. Исследование возможности обработки шеек коленчатых валов под очередные ремонтные размеры / А.П. Кастрюк. – Агропранорама, 2012. – № 2. – С. 39–42.

Материал поступил в редакцию 12.09.12

KASTRIUK A.P. Choice of processing bases for edge cutting machining of machine part being restored

We suggest qualitative and quantitative methods for choosing and changing processing bases for edge cutting machining of repair workpieces in parts repair processes. Implementation of the production results allows to reduce the amount of work relating to the application of restoration coatings or the use of additional parts components with standard values of surfaces position geometric parameters.

УДК 621.73.01

Алифанов А.В., Калугин Ю.К., Демянчик А.С.**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ШТАМПОВКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

Малопроизводительные процессы изготовления зубчатых колес резанием, требующие использования высококвалифицированного персонала, дорогостоящих станков и инструмента, а также вызывающие большие потери металла, нуждаются в коренном улучшении. Поиски новых технологических приемов проводятся главным образом в направлении использования методов пластического формообразования. Опыт применения методов обработки металлов давлением для изготовления самых разнообразных деталей машин подтверждает возможность использования его для изготовления конических зубчатых колес.

При применении пластического формообразования требуемая форма и размеры детали придаются не за счет удаления излишков металла, а путем его перераспределения. Поэтому этим процессам не присущи многие недостатки. Прежде всего, при пластическом формообразовании металл упрочняется. На изделии образуется поверхностный упрочненный слой, имеющий повышенные механические характеристики (предел прочности, предел текучести, твердость). В результате деформации во внешних слоях детали создаются сжимающие напряжения, весьма благоприятные при работе в условиях изгиба, истирания и повышенных нагрузок.

Важным достоинством процессов обработки металлов давлением являются также стабильность размеров изделий и высокая стойкость инструмента. В процессе формообразования не образуются отходы. Это создает благоприятные условия для автоматизации процессов обработки металлов давлением. При пластическом формообразовании чистота поверхности целиком зависит от чистоты поверхности инструмента. Она полностью переносится на изделие и поэтому здесь она более высокая, чем при резании. Кроме того, на изделиях нет полос и других следов инструмента, которые являются концентраторами напряжений и причиной снижения прочности.

В настоящее время известно большое количество способов получения деталей с зубчатой поверхностью путем пластической деформации. Это методы штамповки, прессования, накатки и другие.

Все способы пластического формообразования зубчатых венцов в зависимости от характера взаимодействия инструмента и изделия в процессе работы могут быть разделены на два принципиально различных класса. Это способы формообразования, в основу которых положен принцип копирования – здесь конфигурация изделия получается путем оттиска. К таким процессам относятся штамповка, прессование (выдавливание) через цельную жесткую матрицу, а также вырубка в листовых штампах.

Существуют также технологические приемы, при которых зубья получаются за счет пластического течения металла, в результате сообщаемого инструменту и изделию движения обката. Зубчатый венец при этом получается как образующая последовательных положений поверхностей инструмента при его рабочем движении – к таким процессам относится накатка.

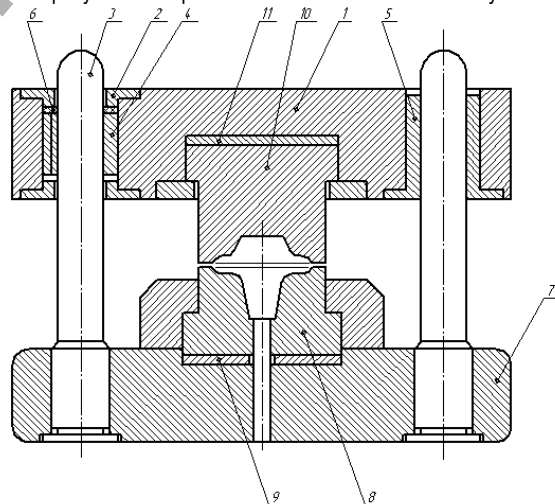
При выборе методов пластического формообразования конических зубчатых колес следует учитывать, что рациональными являются только размерно-чистовые методы формообразования, при которых

полностью отсутствует необходимость в последующей обработке зубьев резанием. Это объясняется тем, что последующая обработка отформованных начерно зубьев связана с большими трудностями ввиду необходимости точной установки заготовки относительно инструмента, наличия на зубьях упрочненной поверхности [1].

Существующие на сегодняшний день конструкции штампов с разъемными матрицами нерационально использовать при штамповке точных поковок конических колес, поскольку они обладают рядом существенных недостатков: недостаточно жесткая связь верхней и нижней плит при помощи колонок и втулок; нетехнологичность деталей механизмов зажима полуматриц; сложная кинематика механизмов зажима полуматриц [2].

С целью устранения вышеуказанных недостатков, общих для большинства штампов с разъемными матрицами, в данной работе предложено несколько новых конструкций штампов.

В известных штампах при штамповке деталей, вследствие неодинакового нагрева верхней и нижней плит или непараллельности колонок, между осями отверстий втулок и осями колонок возникает разница в межосевом расстоянии. В этих случаях гарантированного зазора между колонками и втулками недостаточно для компенсации разности удлинения плит за счет нагрева. В предлагаемом штампе (рис. 1) колонка 3, контактируя с втулкой-эксцентриком 4, поворачивает ее на некоторый угол относительно центра. Это позволяет компенсировать разницу в межосевом расстоянии между колонками и осями отверстий втулок и устранить опасность заклинивания штампа в результате перекосов колонок относительно втулок.



1 – верхняя плита штампа; 2, 5, 6 – втулки; 3 – направляющая колонка; 4 – втулка-эксцентрик; 7 – нижняя плита штампа; 8 – нижняя полуматрица; 9 – нижняя матричная подкладка; 10 – верхняя полуматрица; 11 – верхняя матричная подкладка

Рис. 1. Штамп, оснащенный эксцентричной втулкой

Алифанов Александр Викторович, д.т.н., профессор кафедры «Оборудование и автоматизация производства» Барановичского государственного университета, заведующий отделом Физико-технического института НАН Беларуси.

Калугин Юрий Константинович, к.т.н., заведующий кафедрой «Оборудование и автоматизация производства» Барановичского государственного университета.

Демянчик Александр Сергеевич, преподаватель кафедры «Оборудование и автоматизация производства» Барановичского государственного университета.

Беларусь, 225404, Брестская обл.-ть, г. Барановичи, ул. Войкова, 21.